

学校编码: 10384

学号: 200329027

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

嵌入式 LINUX 系统的应用

--DVB-C 数字电视机顶盒软件实现

**Application of Embedded Linux System:  
Software Implementation of DVB-C Set-Top Box**

岳 倩

指导教师姓名: 肖 明 波 教授

李 立 峰 高工

专 业 名 称: 仪器仪表工程

论文提交日期: 2008 年 3 月

论文答辩时间: 2008 年 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2008 年 3 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：岳倩

2008 年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版,有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅,有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索,有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密 ( ), 在 ( ) 年解密后适用本授权书。
2. 不保密 ( )

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名: 日期: 年 月 日

导师签名: 日期: 年 月 日

## 摘要

本论文主要介绍了DVB-C有线数字电视终端接收设备（以下简称“机顶盒”）的系统架构及开发设计流程，该机顶盒采用ATI公司的Xilleon™ 210H（300M MIPS CPU）芯片作为主芯片，是一种以Linux为底层操作系统的嵌入式系统。它的主要功能是：接收RF射频信号，经过前端Tuner解调后转化成并行TS(Transport Stream)流，并输入Xilleon™ 210H主芯片进行MPEG2解码，这样就可以把数字视频信号转换成YPBPR、VGA、S-VIDEO模拟输出或HDMI数字输出。另外，基于市场需求，最终开发出的机顶盒还需具有如下基本功能：

- 可接收和观看数字广播电视节目；
- 支持CA（条件接收）解扰，机卡分离；
- 可接收并显示符合DVB标准的EPG信息；
- 支持简体中文显示，支持GB2312字库；
- 具有LOADER功能，可实现运营商强制升级和用户可选升级。

## 关键词

机顶盒；嵌入式系统；MPEG-2；DVB-C。

## Abstract

This thesis presents a design of DVB-C set-top box based on the embedded Linux operation system, which focus on the system framework and development process. In this scheme, we choose a 300M MIPS CPU, ATI Xilleon™ 210H as the CPU. This product is required to complete the functions of receiving RF TV signal, demodulating it by the front-end tuner, and transforming it into parallel TS(Transport Stream), so that the descrambled transport stream can be fed into Xilleon™ 210H for MPEG2 decoding. Then the digital video signal can be transformed into either analog TV output signal through YPBPR, VGA, S-VIDEO interface, or digital output such as DVI, HDMI signal. The ultimate goal of this study is to realize the physical device of DVB-C set-top box, which has the following basic features:

- Receiving and presenting the digital TV broadcast programs;
- Support Conditional Access function, and separation between the set and the card;
- Receiving and display of EPG information in accordance with DVB standard;
- Simplified Chinese characters display, support GB2312 font;
- LOADER function to realize compulsory upgrading by the operator or optional upgrading by users.

**Keywords:** Set-Top Box; Embedded System; MPEG-2; DVB-C.

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b>	<b>1</b>
§1.1 课题研究意义	1
§1.2 国内外研发概况及趋势	1
§1.3 本文结构及主要内容	4
<b>第 2 章 嵌入式研发平台总体方案设计</b>	<b>5</b>
§2.1 嵌入式系统理论	5
§2.2 嵌入式系统开发硬件平台的建立	5
§2.2.1 嵌入式 CPU 选型	5
§2.2.2 功能框图	8
§2.3 嵌入式系统开发软件平台的建立	9
§2.3.1 软件基本层次构架	9
§2.3.2 开发环境过程简介	12
§2.4 机顶盒功能指标	13
§2.4.1 机顶盒功能需求描述	13
§2.4.2 机顶盒主要技术规范	19
<b>第 3 章 软件实现过程</b>	<b>20</b>
§3.1 系统启动流程及实现	20
§3.1.1 开发机环境配置	21
§3.1.2 PMON 引导程序	24
§3.1.3 Vmlinux Kernel	25
§3.1.4 建立 ATI 驱动环境	25
§3.1.5 建立 ATI 中间层环境	26
§3.1.6 编译开发板应用程序	26
§3.1.7 通过网络调试程序	27
§3.1.8 程序自启动	27
§3.2 与 LINUX 系统内核有关的工作	31

§3.2.1 使用 LINUX 的优势.....	31
§3.2.2 LINUX 内核修改与配置.....	32
<b>§3.3 应用层软件架构及实现 .....</b>	<b>34</b>
§3.3.1 应用软件总体功能模块图（图 3.4） .....	35
§3.3.2 用户菜单结构（图 3.5） .....	36
§3.3.3 数字电视广播码流系统分析.....	37
§3.3.4 PSI 表与节目数据库的关系.....	39
§3.3.5 EPG（电子节目指南）的实现.....	39
§3.3.6 NVOD（准视频点播）的实现.....	42
§3.3.7 CA（条件接收）的实现.....	43
§3.3.8 HDMI 接口 SiI9030 的应用实现.....	47
§3.3.9 调试故障分析.....	52
<b>第 4 章 总结和展望 .....</b>	<b>54</b>
§4.1 完成的主要工作 .....	54
§4.2 研发心得 .....	54
§4.3 下一步的研究方向 .....	55
<b>附录 1 LINUX 内核源代码的目录结构 .....</b>	<b>56</b>
<b>附录 2 LINUX 系统的目录结构 .....</b>	<b>61</b>
<b>参考文献.....</b>	<b>63</b>
<b>致 谢.....</b>	<b>65</b>

## Contents

<b>Chapter 1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
§1.1 Importance of the research topic.....	1
§1.2 Overview and trends of R&D at home and abroad.....	1
§1.3 Organization of the thesis.....	4
<b>Chapter 2 Design of Overall Solution for Embedded R&amp;D Platform</b>	
<b>.....</b>	<b>5</b>
§2.1 Principles of Embedded System.....	5
§2.2 Building Hardware Platform for Embedded Systems.....	5
§2.2.1 Selecting Embedded CPU Type.....	5
§2.2.2 Funcational Diagram.....	8
§2.3 Building Software Platform for Embedded Systems.....	9
§2.3.1 Software Hierarchy.....	9
§2.3.2 Developing Environment and Process.....	12
§2.4 Set-Top Box Funcational Specifications.....	13
§2.4.1 Description of Set-Top Box Funcational Requirements....	13
§2.4.2 Key Technical Specifications of Set-Top Box.....	19
<b>Chapter 3 Software Implementation.....</b>	<b>20</b>
§3.1 System Startup Process and its Realization.....	20
§3.1.1 Environment Configuration of Developer.....	21
§3.1.2 PMON Booting Program.....	24
§3.1.3 Vmlinux Kernel.....	25
§3.1.4 Building ATI Driver Environment.....	25
§3.1.5 Building ATI Mid-layer Environment.....	26
§3.1.6 Compiling Developer Application Program.....	26
§3.1.7 Passing Network Debugging Program.....	27
§3.1.8 Self Startup of Program.....	27



<b>§3.2 Work related to LINUX System Core.....</b>	<b>31</b>
§3.2.1 Advantage of Using LINUX.....	31
§3.2.2 Modifying and Configuring LINUX System Core.....	32
<b>§3.3 Framework and Realization of Application Layer Software.....</b>	<b>34</b>
§3.3.1 Overall Functional Block-Diagram of Application Softwares .....	35
§3.3.2 User Menu Structure.....	36
§3.3.3 System Analysis of Digital TV Broadcast Streams.....	37
§3.3.4 Relationship between PSI Table and Program Database....	39
§3.3.5 Realization of EPG.....	39
§3.3.6 Realization of NVOD.....	42
§3.3.7 Realization of CA .....	43
§3.3.8 Realization of HDMI Interface using Si19030.....	47
§3.3.9 Analysis of the test result.....	52
<b>Chapter 4 Conclusions and Perspective.....</b>	<b>54</b>
§4.1 Main Contribution.....	54
§4.2 Conclusions .....	54
§4.3 Perspective .....	55
<b>Appendix 1 Path Structure of Source Codes of LINUX System Core .....</b>	<b>56</b>
<b>Appendix 2 Path Structure of LINUX System.....</b>	<b>61</b>
<b>Reference .....</b>	<b>63</b>
<b>Acknowledgement .....</b>	<b>65</b>

## 第1章 绪论

### § 1.1 课题研究意义

近年来,电视领域发生了一系列变化,电视数字化的进程明显加快,模拟信号逐步被数字信号取代。电视会议、数字电视及高清晰度电视等新技术正迅速走进我们的生活。电视系统的全面数字化给节目的制作、传输及播出带来了革命性的变化。数字广播电视的双向化和数字化,及其与计算机网和电信网的融合,预示着一个信息化时代的到来。

根据国家制定的数字电视发展时间表,有线电视的“模转数”工作如今正在广泛展开。采用 MPEG-2 视频压缩、 $1920 \times 1080$  高清晰度电视图像格式、每秒 60 场/50 场隔行的 DVB-C 标准陆续被我国各个地方电视台采用,庞大的用户端设备市场展露出巨大的商机。

由于本公司对 ATI 系列芯片的应用比较熟悉并有相当的技术积累,因此选用 ATI 公司的 Xilleon™ 210H 芯片作为终端设备的核心,推出一款具有卓越性能并且适合中国市场的机顶盒产品。它的主要功能是接收数字电视信号,并将处理结果输出给电视接收机,还可根据电视台的要求增加数据广播及 CA(条件访问)等一些特殊业务。

### § 1.2 国内外研发概况及趋势

目前全球数字电视广播领域已有三种相对成熟的数字电视标准。美国的标准是 ATSC (Advanced Television System Committee 先进电视制式委员会);欧洲的标准是 DVB (Digital Video Broadcasting 数字视频广播);日本的标准是 ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting 综合业务数字广播)。1993 年,欧洲成立了国际数字视频广播组织 (DVB 组织)。DVB 组织确定了新的数字电视标准必须是建立在 MPEG-2 压缩算法上的数字技术,必须是以市场为导向的数字技术。DVB 的宗旨是要设计一个通用的数字电视系统,在此系统内各种传输方式之间的转换有最简单的方式,并尽可能地增加通用性。DVB 标准提供了一套完整的、适用于不同媒介的数字电视系统规范。DVB 数字广播传输系统利用了包括卫星、

有线、地面、SMATV、MNDS 在内的所有通用电视广播传输媒体，它们分别对应的 DVB 标准为：DVB-S、DVB-C、DVB-T、DVB-SMATV、DVB-MS 和 DVB-MC。这里主要介绍一下 DVB-C 数字有线广播系统标准，该标准以有线电视网作为传输介质，应用范围广。有线电视系统分为两部分：CATV 前端和综合解码接收机（IRD），采用 MPEG-2 压缩编码的传输流。由于传输介质采用的是同轴电缆，与卫星传输相比抗外界干扰能力强，信号强度相对较高，调制方式有 16、32、64、128、256QAM 几种。模数越低，调制和解调电路就越简单，但传输的码率也相应降低，例如：4-QAM 的码率为 2bit/S，而 16-QAM 的码率为 4bit/S。一般，信号传输条件越差，选择的模式就越低。有线电视可选 64-QAM 和 128-QAM，甚至 256-QAM。对于 QAM 调制而言，传输信息速率越高，抗干扰能力越低，如采用 64QAM 正交振幅调制时，一个 PAL 通道的传输码率为 41.34Mb/s，还可供多套节目复用。DVB-C 传输系统具有如下几个主要特点：（1）可与多种节目源适配，DVB-C 传输系统所传送的节目既可来源于从卫星系统接收下来的节目，又可来源于本地电视节目，以及其它外来节目信号。（2）即可用于 SDTV（标清数字电视）又可用于 HDTV（高清数字电视）。

MPEG-2 是 MPEG 开发的第二个标准，于 1994 年 11 月被正式确定为国际标准。在此标准制订期间国际电信联盟电信标准化部门（ITU-T）成立了一个有关 ATM（Asynchronous Transfer Mode）的图像编码专家组。MPEG-2 标准特别适用于广播级数字电视的编码和传送。它是针对数字电视和高清晰度电视在各种应用下的压缩方案和系统层的详细规定，在系统和传送方面作了更加详细的规定和进一步的完善，并兼顾了与 ATM 信元的适配问题。MPEG-2 中的图像类型分四种：I 帧，或称内码帧，采用帧内编码，不参照其他帧，是完整的独立编码帧，必须存储或传输；P 帧，或称预测帧，参照前一个 I 帧或 P 帧做运动补偿编码；B 帧，或称双向预测帧，参照前一个或后一个 I 帧或 P 帧做双向运动补偿编码；D 帧，或称直流帧（DC），只含直流分量，是为快放功能设计的。

随着信息技术的日新月异，信息家电、手持设备、无线设备等个性化设备不断涌现，相应的硬件和软件得到迅速发展。许多设备都配有 Intel、MIPS 和摩托罗拉等公司生产的 32 位微处理器。许多开发商也开始为这些设备提供嵌入式操作系统。体现当代最新技术、集成了操作系统与功能软件、并针对不同应用而

具体设计的嵌入式系统也被应用到数字电视接收机领域来了。纵观嵌入式技术的发展，大致经历了以下四个阶段：

第一阶段是以单芯片为核心的可编程控制器形式的系统，同时具有监测、伺服、指示设备相配合的功能。这种系统大部分应用于一些专业性极强的工业控制系统中，一般没有操作系统的支持，通过汇编语言编程对系统进行直接控制，运行结束后清除内存。

第二阶段是以嵌入式 CPU 为基础、以简单操作系统为核心的嵌入式系统。这一阶段系统的主要特点是：CPU 种类繁多，通用性比较弱；系统开销小，效率高；操作系统具有一定的兼容性和扩展性；应用软件较专业，用户界面不够友好；系统主要用来控制系统负载以及监控应用程序运行。

第三阶段是以嵌入式操作系统为标志的嵌入式系统。这一阶段系统的主要特点是：嵌入式操作系统能运行于各种不同类型的微处理器上，兼容性好；操作系统内核精小、效率高，并且具有高度的模块化和扩展性；具备文件和目录管理、设备支持、多任务、网络支持、图形窗口以及用户界面等功能；具有大量的应用程序接口（API），开发应用程序简单；嵌入式应用软件丰富。

第四阶段是以基于 Internet 为标志的嵌入式系统，这是一个正在迅速发展的阶段。

信息家电的巨大商机引发了全球嵌入式操作系统平台大战，全球四大操作系统阵营 WinCE、Palm OS、EPOC 和 Linux 展开规格战，他们各自拥有的软件及硬件合作厂商在信息家电市场的竞争也十分激烈。在这几种操作系统中，由于 Linux 开放源码，操作系统的一切对用户都是透明的，因此用户可以最大限度地控制系统开发的进度和造价，在开发过程中用到的各种各样的硬件设备也可以在网络上方便地找到相应的驱动程序。Linux 内置网络支持，用户可以轻松地使自己的嵌入式系统具有网络功能。Linux 是模块化的操作系统，提供了优秀的可缩放功能，用户可以方便地删除不需要的模块，大多数嵌入式系统对操作系统的大小非常敏感，Linux 的可以根据自己的需要，选择特定的功能模块，自主地搭建嵌入式操作系统。Linux 支持绝大多数 CPU，包括 Intel、MIPS、ASIC、ALPHA、68K、POWER PC 等。这使 Linux 几乎可以嵌入到各种硬件设备上，成为各家厂商极力发展的操作系统，潜力巨大。

### § 1.3 本文结构及主要内容

本文共分四章，第一章主要介绍数字电视领域嵌入式开发平台的研发意义及概况。第二章主要叙述整体方案的设计过程。首先结合公司状况及市场需求进行系统选型，在此基础上建立系统软硬件开发环境，最后确定产品的设计指标。第三章详细阐述了嵌入式系统软件的开发过程。进行嵌入式系统开发有别于一般PC机开发，首先要对软件开发环境做适当的配置，比如建立交叉编译环境等，然后进行内核的配置，最后进行DVB-C应用的开发。最后一章全面总结了本项目的主要研究成果及开发中遇到的主要问题，并结合当今信息产业的先进技术对该开发板的未来进行展望。

## 第2章 嵌入式研发平台总体方案设计

### § 2.1 嵌入式系统理论

嵌入式系统一般指非PC系统,它包括硬件和软件两部分。硬件包括处理器/微处理器、存储器、外设器件、输入输出(I/O)端口、图形控制器等。软件部分包括操作系统(要求支持实时和多任务操作)和应用程序。有时设计人员把这两种软件组合在一起。应用程序控制着系统的运作和行为,而操作系统控制着应用程序与硬件的交互。嵌入式系统的核心是嵌入式微处理器。嵌入式微处理器一般具备以下几个特点:

- 对实时多任务有很强的支持能力,能完成多任务并且有较短的中断响应时间,从而使内部的代码和实时内核的执行时间减少到最低限度。
- 具有功能很强的存储区保护功能。这是由于嵌入式系统的软件结构已模块化,而为了避免在软件模块之间出现错误的交叉以及便于软件诊断,需要设计强大的存储区保护功能。
- 可扩展的处理器结构,这样的结构能以最快的速度开发出高性能的满足应用需求的芯片。
- 嵌入式微处理器的功耗必须很低,尤其便携式计算机和通信设备中靠电池供电的嵌入式系统更是如此,其功耗一般是mW级甚至 $\mu$ W级。

### § 2.2 嵌入式系统开发硬件平台的建立

#### § 2.2.1 嵌入式 CPU 选型

通过考察多种 CPU 的综合性能指标,并结合软硬件开发环境的建立、厂家货源及代理软件的支持力度,本项目最终选用了基于 MIPS 体系结构的主芯片 Xillion™ 210H。该芯片内部资源比较丰富,在性能、结构、功耗上均作了优化,并且针对标准的应用提供整套的硬件解决方案,易于在此基础上做二次开发;此外,它还具有系统集成度高,外围电路简洁,扩展接口丰富等优点。下面结合图 2.1 简要介绍一下 Xillion™ 210H 的主要结构。

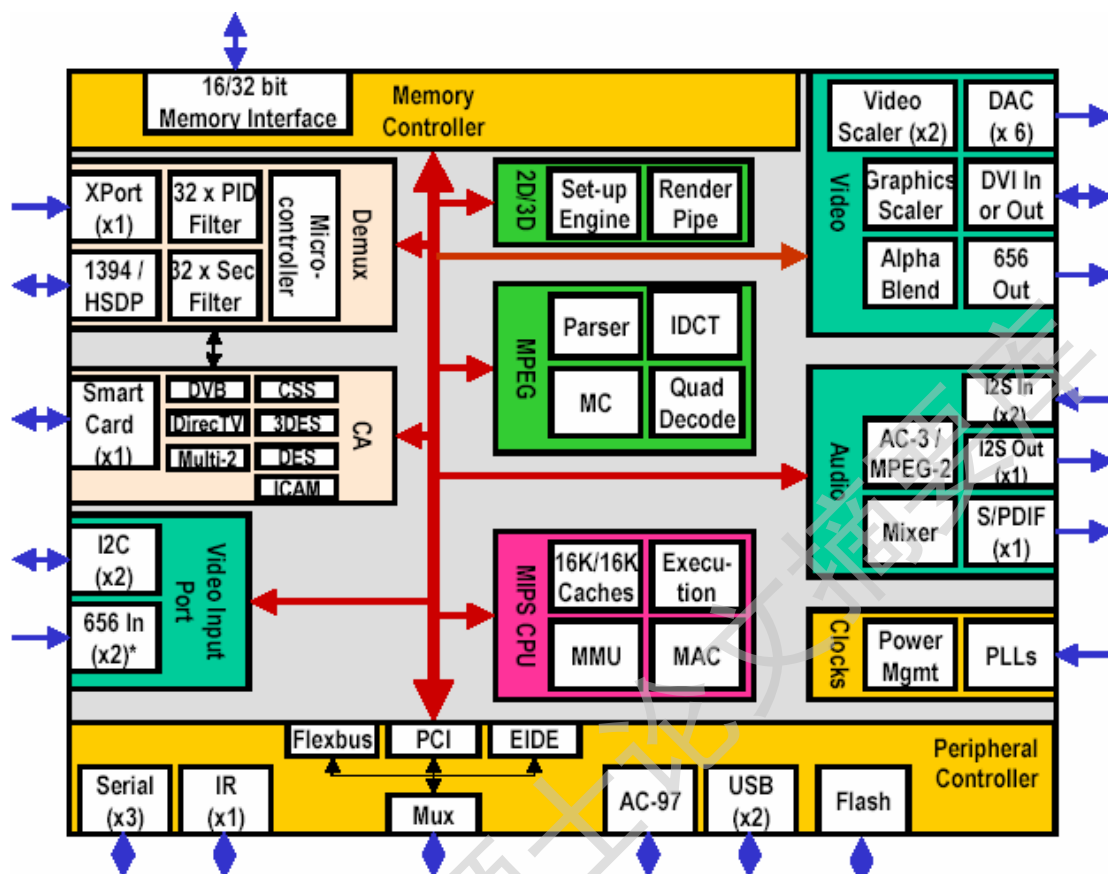


图 2.1 Xilleon™ 210H 结构图

### 1. 多媒体子系统:

- 支持单路高清或标清MPEG-2视频解码。
- 支持杜比AC-3 或 MPEG格式音频解码。
- 传输流解复用，独立PID (Packet ID) 过滤，共享段过滤。
- 对每个独立的传输流支持CA (Conditional Access) 解扰。
- 支持 PAL, SECAM, NTSC 视频标准。
- 支持I2S(Inter-IC Sound Bus)模拟、SPDIF(Sony/Philips Digital Interface)数字音频输出。
- 支持DVI数字视频输出。
- 带有智能卡Smart Card接口。
- 带有Out-of-band (OOB) 接口。
- 支持2D/3D 图形引擎。

### 2. MIPS 处理器:

- 支持MIPS32 指令集, 300 MHz。
- 采用little-endian 地址模式。
- 16 KB 4-way set-associative 指令 cache。
- 16 KB 4-way set-associative 数据 cache。
- 具有可编程省电模式及中断叫醒功能。

### 3. PCI 外设:

- 单通道EIDE磁盘控制器, 支持两个ATA100磁盘操作。
- 双端USB 1.1主控制器。
- 数字音频I/O控制器, 支持两个AC' 97 音频解码。

### 4. 其他外设:

这组外设没有配置PCI总线空间寄存器, 不与PCI总线直接相连, 而是与Xilleon™ 210H内部总线相连接的。

- 三个 PC 兼容的通用异步收发报机 UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)。
- 一个红外发送及接收接口。
- FlexBus™ 总线支持ROM, Flash ROM设备。
- 六个可编程的定时器及一个实时时钟。
- DMA单元。

### 5. 存储控制器:

- 单路32位高速SDRAM (Synchronous Dynamic Random Access Memory) 存储接口, 支持SDR及DDR模式。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库